

⑤

Int. Cl. 2:

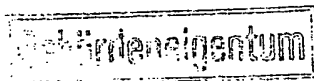
H 02 P 7-00

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT



DT 23 61 003 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 23 61 003

⑫

Aktenzeichen:

P 23 61 003.9

⑬

Anmeldetag:

7. 12. 73

⑭

Offenlegungstag:

19. 6. 75

⑳

Unionspriorität:

① ② ③

⑤④

Bezeichnung:

Steuereinrichtung für einen Schrittmotor

⑦①

Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt

⑦②

Erfinder:

Tietze, Eckart, Dipl.-Ing., 6453 Seligenstadt

DT 23 61 003 A1

BEST AVAILABLE COPY

2361003

L i c e n t i a  
Patent-Verwaltungs-G.m.b.H.  
Frankfurt/Main, Theodor-Stern-Kai 1

30.11.1973

F 73/69

Steuereinrichtung für einen Schrittmotor

Die Erfindung bezieht sich auf eine Steuereinrichtung für einen Schrittmotor, dessen Rotorstellung durch Erregung von räumlich versetzten Feldwicklungen einstellbar ist.

Es ist eine Steuereinrichtung für einen Schrittmotor bekannt, dessen Feldwicklungen zyklisch erregt werden. Die Feldwicklungen werden über Verknüpfungsschaltkreise von Fortschaltimpulsen derart angesteuert, daß jeweils nur eine der Feldwicklungen mit Strom versorgt wird. Durch die zyklische Erregung der Feldwicklungen dreht sich der Schrittmotor in einzelnen Schritten (DT-AS 14 63 161).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Steuereinrichtung für einen Schrittmotor zu entwickeln, durch die in den Feldwicklungen Erregerströme in sehr kurzer Zeit auf eine vorgebbare Größe gebracht und wieder verkleinert werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jede Feldwicklung über ein erstes steuerbares Schaltelement an eine Spannungsquelle anschließbar ist, deren Spannung wesentlich größer als die Nennspannung der Feldwicklung ist, daß eine dem Strom in der Feldwicklung proportionale Spannung mit einem vorgebbaren Sollwert in einem Komparator vergleichbar ist, durch den in Verbindung mit einem von einer Phasenzählerschaltung

509825/0445

-2-

abgegebenem Signal das erste Schaltelement steuerbar ist, daß ein zur Feldwicklung parallel geschaltetes zweites Schaltelement vom gleichen Signal steuerbar ist und daß eine in Reihe mit einer in Sperrrichtung gepolten Diode liegende weitere Spannungsquelle parallel zum zweiten Schaltelement und mit ihrem positiven Pol entgegen der Richtung des Stromflusses im zweiten Schaltelement angeordnet ist, wobei die Spannung der weiteren Spannungsquelle größer als die Nennspannung der Feldwicklung ist. Der schnelle Auf- und Abbau der Erregerströme erlaubt es, den Schrittmotor mit einer großen Frequenz der Fortschaltimpulse zu steuern. Um die Anzahl der absoluten Stellungen pro Umdrehung zu erhöhen, können gleichzeitig auch zwei Feldwicklungen mit Strom versorgt werden. Bei einem Schrittmotor mit fünf Feldwicklungen ergeben sich dadurch zehn absolute Stellungen pro Umdrehung. Durch die große Frequenz der Fortschaltimpulse kann der Schrittmotor in kurzer Zeit die von einer Anzahl Impulse vorgegebenen Schritte durchlaufen. Der Schrittmotor läßt sich aufgrund der hohen Fortschaltfrequenz und des durch den raschen Stromanstieg erzielbaren günstigen Drehmomentverhaltens in vorteilhafter Weise bei Werkzeugmaschinen für Punkt- und Strecken- und Bahnsteuerungen einsetzen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Sollwert des Komparators während der Einschaltphase der Feldwicklung in Schritten veränderbar ist. Mit dieser Maßnahme lassen sich neben den durch die Polteilung bestimmten Winkelschritten je Umdrehung weitere Winkelschritte erzielen, die von der Höhe der Erregerströme abhängen.

Vorzugsweise erfolgt die Veränderung nach einer durch eine Treppenkurve angenäherten Sinusfunktion. Werden Schrittmotoren, die Werkzeuge antreiben, bei hohen Verfahrgeschwindigkeiten von derartigen Strömen erregt, dann ergibt sich eine hohe Oberflächengüte der bearbeiteten Werkstücke. Die Oberflächengüte ist umso besser, je mehr Schritte pro Umdrehung vorhanden sind. Die Anzahl der Schritte läßt sich über die Anzahl der Treppen-

3.

absätze der Sinuskurve auf einen gewünschten Wert einstellen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert, aus dem sich weitere Merkmale sowie Vorteile ergeben.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Steuerkreises für einen Schrittmotor mit fünf räumlich versetzten Feldwicklungen,

Fig. 2 ein Zeitdiagramm des Verlaufs von Spannungen und Strömen in verschiedenen Teilen der in Fig. 1 dargestellten Schaltung,

Fig. 3 Einzelheiten einer jeder Feldwicklung vorgeschalteten Anordnung,

Fig. 4 ein Zeitdiagramm von in den Feldwicklungen fließenden Strömen bei Ansteuerung der Schaltungen gemäß Fig. 3 mit treppenförmig angenäherten Sinuskurven.

Einem Phasenzähler 1 werden Fortschaltimpulse  $f$  in Form von Rechteckimpulsen zugeführt. Der Phasenzähler 1 hat fünf Ausgänge, an die Stromregelschaltungen 2, 3, 4, 5, 6 angeschlossen sind. Die Stromregelschaltungen 2 bis 6 speisen Feldwicklungen 7, 8, 9, 10, 11 eines Schrittmotors.

Der Phasenzähler 1 gibt an seinen Ausgängen fünf Spannungen  $a, b, c, d, e$  ab, die sich in der Phasenlage voneinander unterscheiden. Die rechteckförmigen Spannungen  $a$  bis  $e$  weisen eine Periode auf, die zehn Perioden der Fortschaltimpulse  $f$  entspricht. Gegen die Spannung  $a$  sind die Spannungen  $b, c, d, e$  jeweils um zwei, vier, sechs und acht Perioden der Periode der Fortschaltimpulse  $f$  phasenverschoben. Durch den je Periode der Fortschaltimpulse  $f$  gegebenen Stromfluß in den Erregerwicklungen, der von den Spannungen  $a$  bis  $e$  gesteuert wird, ergibt sich jeweils eine andere Rotorstellung des Schrittmotors. Je Umdrehung legt der Rotor zehn Schritte zurück, die in Fig. 2 ~~unter~~ unterhalb der Spannungen  $a$  bis  $e$  durch die Zahlen 0 bis 9 dargestellt sind.

509825/0445

In Fig. 3 ist die Stromregelschaltung 2 dargestellt. Die Stromregelschaltungen 2 bis 6 stimmen in ihrem Aufbau überein. Eine vom Phasenzähler 1 kommende Leitung 12, auf der die Spannung  $a$  übertragen wird, ist an ein Invertierglied 13 und ein ODER-NICHT-Glied 14 angeschlossen. Der zweite Eingang des ODER-NICHT-Glieds 14 ist mit dem Ausgang eines Komparators 15 verbunden, dessen nichtinvertierender Eingang über ein Widerstandsnetzwerk 16 mit einer Referenzspannung beaufschlagt wird, die den Sollwert für den Strom in der Erregerwicklung 7 bestimmt. Dem Widerstandsnetzwerk 16 ist ein Funktionsgenerator 17 vorgeschaltet, der in Abhängigkeit von den Rechtecksignalen  $a$  eine treppenförmige angenäherte Sinuskurve an das Widerstandsnetzwerk 16 abgibt. Der Funktionsgenerator 17 kann wahlweise ein- oder ausgeschaltet werden. Falls er ausgeschaltet ist, herrscht am nichtinvertierenden Eingang des Komparators 15 eine konstante Spannung.

Das ODER-NICHT-Glied 14 speist einen Verstärker 18, an dessen Ausgänge ein Übertrager 19 angeschlossen ist. Die Sekundärseite des Transformators 19 ist mit der Basis und dem Emitter eines Transistors 20 verbunden. Der Kollektor des Transistors 20 ist einerseits an die Anode einer Diode 21 und andererseits an einen induktiven Widerstand 22 angeschlossen, mit dem die Feldwicklung 7 in Reihe geschaltet ist. In Reihe mit der Feldwicklung 7 liegt zusätzlich ein niederohmiger Widerstand 23, der zur Messung des in der Wicklung 7 fließenden Stroms dient. Der Widerstand 23 ist weiterhin an den positiven Pol 24 einer Spannungsquelle 25 angeschlossen, deren negativer Pol 26 an den Emitter des Transistors 20 gelegt ist.

Zu der Reihenschaltung des induktiven Widerstands 22, der Erregerwicklung 7 und des Meßwiderstands 23 ist über die Diode 21 ein Transistor 27 parallel geschaltet, dessen Basis mit einem Verstärker 28 verbunden ist, der vom Invertierglied 13 gespeist wird. Von der Verbindungsstelle zwischen der Erregerwicklung 7 und dem Meßwiderstand 23 führt eine Leitung über einen Widerstand 29 zum invertierenden Eingang des Komparators 15. Dem invertierenden Eingang des Komparators ist weiterhin ein Kon-

densator 30 vorgeschaltet.

Mit dem Emitter des Transistors 27 ist der Pol 24 und der negative Pol 31 einer Spannungsquelle 32 verbunden, deren positiver Pol 33 an die Kathode einer Diode 34 gelegt ist, die in Sperrrichtung gepolt ist. Die Diode 34 und die Gleichspannungsquelle 32 sind zu der Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors 27 parallel geschaltet. Parallel zu der Reihenschaltung der Feldwicklung 7 und des Meßwiderstands 23 ist ein Widerstand 35 und ein Kondensator 36 geschaltet. Der Widerstand 35 und der Kondensator 36 bilden eine Dämpfungsanordnung für auf den Leitungen zu der Feldwicklung 7 auftretende hochfrequente Schwingungen.

Die beiden Gleichspannungsquellen 25, 32 führen Spannungen, die wesentlich größer sind als die Nennspannung, für die die Erregerwicklung 7 bemessen ist.

Die in Fig. 3 gezeigte Anordnung hat folgende Wirkungsweise: Sobald die Spannung a einen positiven Pegel einnimmt, wird der Transistor 27 über die Elemente 13, 28 durchlässig gesteuert. Da in der Erregerwicklung 7 zu diesem Zeitpunkt kein Strom fließt, herrscht am invertierenden Eingang des Komparators 15 ein gegenüber dem nichtinvertierenden Eingang negatives Potential. Daher steht am zweiten Eingang des ODER-NICHT-Glieds 14 ein hohes Potential an. Mit dem Auftreten des hohen Potentials auf der Leitung 12 wechselt das Signal am Ausgang des ODER-NICHT-Glieds 14 den Pegel. Dadurch wird der Transistor über den Verstärker 18 und den Übertrager 19 mit Basisstrom versorgt und in den leitenden Zustand übergeführt.

Am Widerstand 23, der Feldwicklung 7 und dem induktiven Widerstand 22 liegt daher die hohe Spannung der Spannungsquelle 25 an. Dabei steigt der Strom in der Feldwicklung 7 sehr schnell an. Mit dem Anstieg des Stroms nimmt auch der Spannungsabfall am Widerstand 23 zu. Wenn die Spannung am invertierenden Eingang des Komparators 15 den am nichtinvertierenden Eingang anstehenden Sollwert erreicht hat, ändert sich das Ausgangssignal des Komparators 15. Über dieses Signal wird das ODER-NICHT-Glied 14 gesperrt. Dadurch wird auch der Transistor 20 in den

509825/0445

nichtleitenden Zustand versetzt. Der Strom in der Feldwicklung 7, der bei Abschaltung des Transistors 20 seinen vorgegebenen Wert erreicht hat, fließt anschließend über die Diode und den Transistor 27 als Kreisstrom.

Die Frequenz der Fortschaltimpulse  $f$  ist so gewählt, daß der Strom in der Feldwicklung 7 nur kurze Zeit seinen vollen Wert annehmen kann. Anschließend geht das Signal  $a$  wieder auf seinen niedrigen Pegel zurück, wobei auch der Transistor 27 über die Elemente 13, 28 gesperrt wird. Dadurch nimmt der in der Feldwicklung 7 und dem induktiven Widerstand 22 fließende Strom seinen Weg über die Dioden 21, 34 zur Gleichspannungsquelle 32. Dem Strom wirkt dabei die hohe Spannung der Gleichspannungsquelle 32 entgegen, so daß der Strom in sehr kurzer Zeit auf den Wert null zurückgeht. Anstelle der Gleichspannungsquelle 32 kann auch eine Zenerdiode benutzt werden. Es ist auch möglich, durch Schalter, die der Diode 34 nachgeschaltet sind, den Strom zum positiven Pol 24 der Gleichspannungsquelle 25 zu leiten. Bei dieser, nicht näher dargestellten Anordnung ergibt sich eine Einsparung an Energie.

In Fig. 4 ist der Verlauf von Strömen  $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $h$  in den Feldwicklungen 7 bis 11 dargestellt, wenn die den Stromreglern vorgeschalteten Funktionsgeneratoren 17 in Betrieb sind. Die Ströme  $d$  bis  $h$  zeigen einen durch eine Treppenkurve angenäherten sinusförmigen Verlauf. Die Ströme  $d$  bis  $h$  sind jeweils um zehn Perioden oder Fortschaltimpulse  $f$  gegeneinander phasenverschoben. Innerhalb des Phasenverschiebungswinkels liegen fünf diskrete Stromwerte. Der Rotor legt daher zwischen den durch die Feldwicklungen bedingten zehn Schritten pro Umdrehungen zusätzliche Schritte aufgrund des treppenförmigen Stromverlaufes zurück. Insgesamt ergeben sich bei den vorstehend erläuterten fünf diskreten Stromwerten fünfzig Schritte pro Umdrehung. Die Anzahl der Schritte pro Umdrehung kann durch Erhöhung der diskreten Stromwerte beliebig groß eingestellt werden. In Fig. 4 ist in Abszissenrichtung die Anzahl der zwischen den von der Struktur des Motors vorgegebenen Schritten zusätzlich zu durchlaufenden Schritten dargestellt. In Ordinatenrichtung ist die Höhe der Ströme aufgetragen.

509825/0445

Die Vorgabe diskreter Stromwerte, die einer treppenförmig angenäherten Sinuskurve entsprechen, ist bei Schrittmotoren von Vorteil, die Oberflächenbearbeitungswerkzeuge mit großer Geschwindigkeit antreiben. Je mehr diskrete Stromwerte vorgegeben werden, eine desto höhere Oberflächengüte stellt sich bei der bearbeiteten Fläche ein.



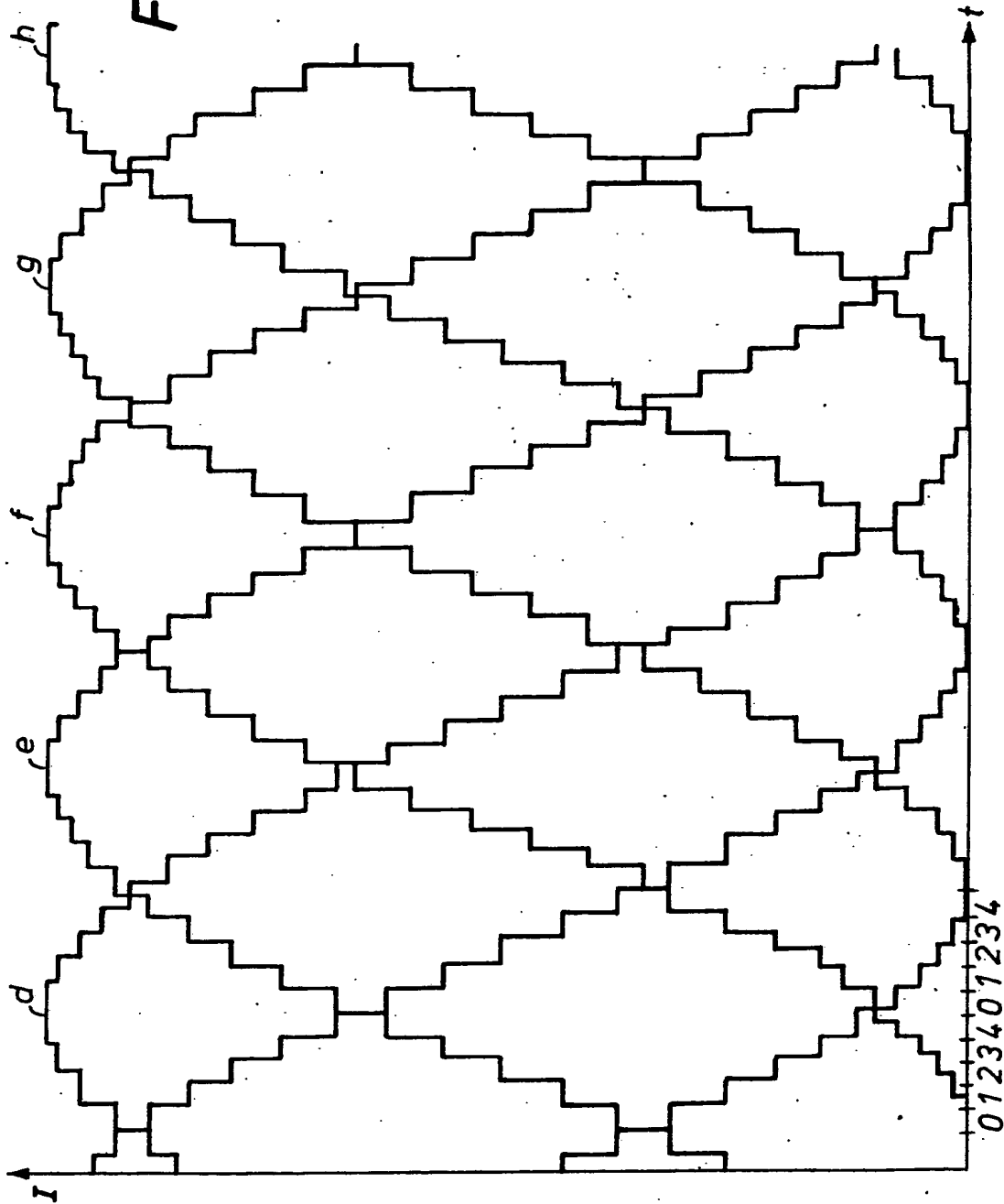
-8-

Patentansprüche

1. Steuereinrichtung für einen Schrittmotor, dessen Rotorstellung durch Erregung von räumlich versetzten Feldwicklungen einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß jede Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) über ein erstes steuerbares Schaltelement (20) an eine Spannungsquelle (25) anschließbar ist, deren Spannung wesentlich größer als die Nennspannung der Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) ist, daß eine dem Strom in der Feldwicklung (7 bis 11) proportionale Spannung mit einem vorgebbaren Sollwert in einem Komparator (15) vergleichbar ist, durch den in Verbindung mit einem von einer Phasenzählerschaltung (1) abgegebenen Signal (a, b, c, d, e) das erste Schaltelement (20) steuerbar ist, daß ein zur Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) parallel geschaltetes zweites Schaltelement (27) vom gleichen Signal (a, b, c, d, e) steuerbar ist und daß eine in Reihe mit einer in Sperrrichtung gepolten Diode (34) liegende weitere Spannungsquelle (32) parallel zum zweiten Schaltelement (27) und mit ihrem positiven Pol (27) entgegen der Richtung des Stromflusses im zweiten Schaltelement (2) angeordnet ist, wobei die Spannung der weiteren Spannungsquelle (32) größer als die Nennspannung der Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) ist.
2. Steuereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert des Komparators (15) während der Einschaltphase der Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) in Schritten veränderbar ist.
3. Steuereinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderung nach einer durch eine Treppenkurve angenäherten Sinuskurve erfolgt.
4. Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß in Reihe mit der Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) ein induktiver Widerstand (22) angeordnet ist.

5. Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der Reihenschaltung der Feldwicklung (7, 8, 9, 10, 11) und des Widerstands (23) eine Leitungsbedämpfungsschaltung gelegt ist, die einen Widerstand (35) und einen Kondensator (36) in Reihe enthält.

**FIG. 4**



2361003

FIG. 1

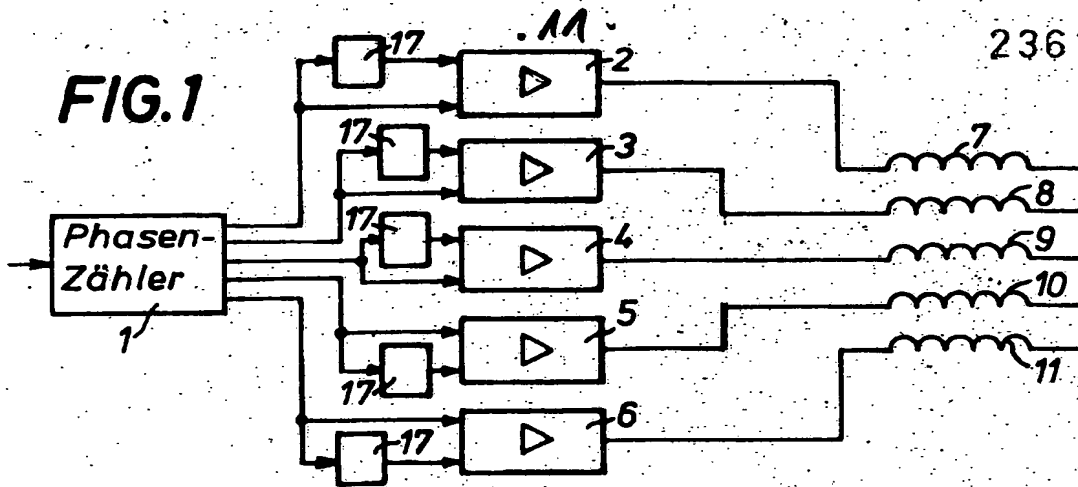


FIG. 2

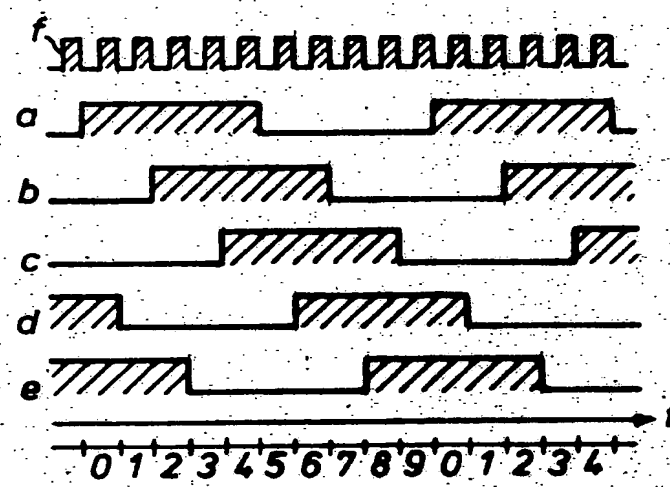
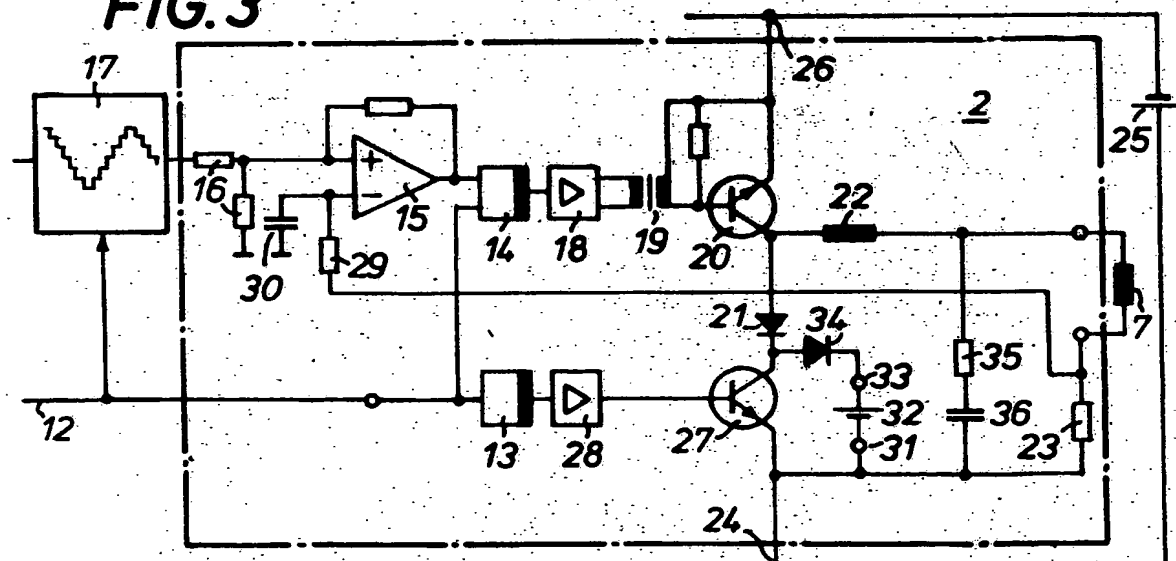


FIG. 3



509825/0445

ORIGINAL INSPECTED

H02P

7-00

AT:07.12.1973

OT:19.06.1975

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**